



IFW

PTO/SB/21 (09-04)

Approved for use through 07/31/2006. OMB 0651-0031

U.S. Patent and Trademark Office; U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE

Under the Paperwork Reduction Act of 1995, no persons are required to respond to a collection of information unless it displays a valid OMB control number.

# TRANSMITTAL FORM

(to be used for all correspondence after initial filing)

Total Number of Pages in This Submission

Application Number 10/763,458

Filing Date January 23, 2004

First Named Inventor Jochen Asbeck

Art Unit 3682

Examiner Name

Attorney Docket Number HN 1009 PUS

## ENCLOSURES (Check all that apply)

<input type="checkbox"/> Fee Transmittal Form	<input type="checkbox"/> Drawing(s)	<input type="checkbox"/> After Allowance Communication to TC
<input type="checkbox"/> Fee Attached	<input type="checkbox"/> Licensing-related Papers	<input type="checkbox"/> Appeal Communication to Board of Appeals and Interferences
<input type="checkbox"/> Amendment/Reply	<input type="checkbox"/> Petition	<input type="checkbox"/> Appeal Communication to TC (Appeal Notice, Brief, Reply Brief)
<input type="checkbox"/> After Final	<input type="checkbox"/> Petition to Convert to a Provisional Application	<input type="checkbox"/> Proprietary Information
<input type="checkbox"/> Affidavits/declaration(s)	<input type="checkbox"/> Power of Attorney, Revocation Change of Correspondence Address	<input type="checkbox"/> Status Letter
<input type="checkbox"/> Extension of Time Request	<input type="checkbox"/> Terminal Disclaimer	<input checked="" type="checkbox"/> Other Enclosure(s) (please identify below):
<input type="checkbox"/> Express Abandonment Request	<input type="checkbox"/> Request for Refund	Postcard
<input type="checkbox"/> Information Disclosure Statement	<input type="checkbox"/> CD, Number of CD(s) _____	
<input checked="" type="checkbox"/> Certified Copy of Priority Document(s)	<input type="checkbox"/> Landscape Table on CD	
<input type="checkbox"/> Reply to Missing Parts/Incomplete Application	Remarks	
<input type="checkbox"/> Reply to Missing Parts under 37 CFR 1.52 or 1.53		

## SIGNATURE OF APPLICANT, ATTORNEY, OR AGENT

Firm Name	Artz & Artz, P.C.		
Signature			
Printed name	Robert P. Renke		
Date	May 23, 2005	Reg. No.	40,783

## CERTIFICATE OF TRANSMISSION/MAILING

I hereby certify that this correspondence is being facsimile transmitted to the USPTO or deposited with the United States Postal Service with sufficient postage as first class mail in an envelope addressed to: Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450 on the date shown below:

Signature			
Typed or printed name	Angie Moscovitz	Date	May 23, 2005

This collection of information is required by 37 CFR 1.5. The information is required to obtain or retain a benefit by the public which is to file (and by the USPTO to process) an application. Confidentiality is governed by 35 U.S.C. 122 and 37 CFR 1.11 and 1.14. This collection is estimated to 2 hours to complete, including gathering, preparing, and submitting the completed application form to the USPTO. Time will vary depending upon the individual case. Any comments on the amount of time you require to complete this form and/or suggestions for reducing this burden, should be sent to the Chief Information Officer, U.S. Patent and Trademark Office, U.S. Department of Commerce, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450. DO NOT SEND FEES OR COMPLETED FORMS TO THIS ADDRESS. SEND TO: Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450.

If you need assistance in completing the form, call 1-800-PTO-9199 and select option 2.

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 103 02 957.5  
**Anmeldetag:** 24. Januar 2003  
**Anmelder/Inhaber:** Muhr und Bender KG,  
57439 Attendorn/DE  
**Bezeichnung:** Gebaute Nockenwelle mit Eindellungen  
**IPC:** F 16 H, F 01 L, B 23 P

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 12. Februar 2004  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag


CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT

---


## Gebaute Nockenwelle mit Eindellungen

---

### Beschreibung



Die Erfindung betrifft eine gebaute Nockenwelle bestehend aus einer Rohrwelle und einer Mehrzahl von mit je einer Durchgangsöffnung versehenen Nocken, die auf die Rohrwelle aufgeschoben und mit Abständen zueinander auf dieser festgelegt sind. Nockenwellen dieser Art sind aufgrund ihrer Leichtbaueigenschaft und wegen einer größeren Freiheit bei der Werkstoffauswahl für Hochleistungsmotoren zunehmend im Einsatz. Ein Herstellungsverfahren für Nockenwellen dieser Art ist in der älteren DE 102 05 540 der Anmelderin beschrieben. Die Umformung von einzelnen Längsab schnitten der Rohrwelle erfolgt hiernach sequentiell durch örtlich begrenzte Aufgabe eines hohen hydraulischen Innendrucks innerhalb der aufgeschobenen Nocken, wobei sich Querschnittserweiterungen in glatten zylindrischen Durchgangsöffnungen der Nocken bilden, um Preßsitze zwischen Rohrwelle und Nocken zu erzeugen.



Bei Zylinderköpfen von Zweinockenwellenmotoren sind die Einbauverhältnisse im Zylinderkopf häufig beengt. Die Schraubenpfeifen zur Aufnahme der Zylinderkopfschrauben rücken dabei notwendigerweise nahe an die Nockenwellen heran, so daß die Schraubenpfeifen in Aufsicht auf den Zylinderkopf teilweise von den Nockenwellen verdeckt werden. In der Fertigung wird gefordert, daß die Nockenwellen im Zylinderkopf fertigmontiert werden, bevor der Zylinderkopf auf das Zylinderkurbelgehäuse aufgesetzt wird und mit diesem verschraubt wird. Bei Zylinderköpfen mit den zuvor genannten Eigenschaften ist dies durch die Verbauung des Zugangs zu den Schraubenpfeifen ausgeschlossen. Es wird nur durch die Verwendung von Sonderbauformen von Nockenwellen möglich, die seitliche Einbuchtungen im Bereich der Schraubenpfeifen aufweisen, die den Querschnitt der Nockenwelle in diesem Bereich hohlkehlenförmig reduzieren und eine Verwendung von Schraubwerkzeugen für die Zy-

linderkopfschrauben bei bereits montierter Nockenwelle zulassen. Hiermit ist sowohl die Montage von fertigen Zylinderköpfen als auch das Nachziehen der Zylinderkopfschrauben ohne Demontage der Nockenwellen möglich.

Aus der DE 201 16 112 U1 ist ein Verfahren zur Herstellung von gebauten Nockenwellen mit den genannten Einbuchtungen bekannt, nach dem zunächst die Rohrwelle ohne Nocken in eine vollständige Matrize eingelegt wird, die den ganzen Rohrkörper spielfrei umschließt und in der einzelne Preßstempel geführt sind. Die Preßstempel besitzen quer zur Längsachse des Rohrkörpers verlaufende halbzylindrische Ausformungen am vorderen Ende, das in den Matrizenhohlraum einbringbar ist. Mit den Preßstempel werden zunächst die Einbuchtungen in die in die Matrize eingelegte Rohrwelle eingeformt, wobei die paßgenaue Abstützung durch die Matrize dafür sorgt, daß keine Aufwerfungen nächst den Einbuchtungen bei der Umformung entstehen. Auf die mit Eindellungen versehene und im Querschnitt von der Matrize im wesentlichen unverändert gehaltene Rohrwelle werden dann die Nocken aufgeschoben und nach einem der bekannten Fügeverfahren auf der Rohrwelle festgelegt. Das eingangs genannte Fügeverfahren zum Festlegen der Nocken durch Herstellen von Querschnittserweiterungen am Rohrkörper ist dabei beispielsweise ausgeschlossen, da Drucksonden in das verformte Rohr nicht mehr eingeführt werden können.

Hiervon ausgehend liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, gebaute Nockenwellen der genannten Art bereitzustellen, die nach beliebigen Fügeverfahren hergestellt können sowie ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Umformen solcher gebauten Nockenwellen vorzuschlagen. Die Lösung liegt in einer gebauten Nockenwelle bestehend aus einer Rohrwelle und einer Mehrzahl von mit je einer Durchgangsöffnung versehenen Nocken, die auf die Rohrwelle aufgeschoben und mit Abständen zueinander auf dieser festgelegt sind, wobei die Rohrwelle zwischen den Nocken nach innen warmverformte seitliche Eindellungen aufweist, die Montagefreiräume für Werkzeuge oder Schrauben bilden. Mit der hiermit vorgeschlagenen Bauweise ist es möglich, bereits fertig gebaute Nockenwellen der genannten Art mit zusätzlichen lokalen Umformungen zur Ausbildung von Montagefreiräumen zu schaffen, bei denen die Sicherheit der Festlegung der bereits gefügten Nocken nicht gefährdet ist. Auf andere Weise erzeugte Umformungen der Längsabschnitte zwischen den bereits gefügten Nocken würden notwendig zur Gefährdung der Festlegung der

Nocken führen. Da eine Lockerung eines Nockens von der Rohrwelle im Motorbetrieb zu kapitalen Motorschäden führt, wäre dies absolut unzulässig.

In bevorzugter Ausgestaltung ist es möglich, daß an den Eindellungen diese säumende Aufwendungen ausgebildet sind, die den Außendurchmesser der Rohrwelle über den Querschnitt der Durchgangsöffnungen der Nocken hinaus vergrößern. Hiermit ist ein Umformen des im wesentlichen freiliegenden Rohrkörpers möglich. Weiterhin ist vorgesehen, daß die Rohrwelle jeweils im Bereich der Nocken kaltverformte umfängliche Querschnittsvergrößerungen zur Festlegung der Nocken hat. Hiermit ist die eingangs genannte bevorzugte Fügetechnik für die Nocken durch örtlich begrenzte Aufgabe eines hohen hydraulischen Innendrucks auf die Rohrwelle anwendbar.



Es wird weiterhin vorgeschlagen, daß die Querschnittserweiterungen mit glatten zylindrischen Durchgangsöffnungen der Nocken zusammenwirken, konzentrisch zur Rohrwelle sind und Preßsitze mit den Nocken bilden, insbesondere daß die Querschnittserweiterungen jeweils zumindest über die axiale Länge einer Nocke reichen. Nach einer alternativen Ausgestaltung ist es möglich, daß die Umgebungsbereiche der Eindellungen den ursprünglichen Außendurchmesser der Rohrwelle nicht wesentlich überschreiten. Dies bedingt ein Umformen in einer Matrize oder einem Gesenk. Damit kann ein Aufschieben und Fügen der Nocken mit der Rohrwelle erfolgen. Hierbei kann die Rohrwelle jeweils im Bereich der Nocken bereits vor dem Aufschieben und Fügen der Nocken den Querschnitt vergrößernde Oberflächenaufwerfungen zur Festlegung der Nocken erhalten.



Weiterhin wird vorgeschlagen, daß die seitlichen Eindellungen oder Einbuchtungen quer zum Verlauf der Rohrwelle verlaufen und, insbesondere daß die Eindellungen etwa halbzylindrischen Durchdringungen des Rohrkörpers entsprechen. Hierbei können die Eindellungen an der Rohrrinnenseite etwa bis zur Rohrachse reichen. Selbst hierbei noch ist aufgrund der erfindungsgemäßen Erzeugung der Eindellungen in der Rohrwelle durch Warmverformung ein Erzeugnis mit der notwendigen Sicherheit für den Festsitz der Nocken gegeben. Die Eindellungen haben bezüglich ihrer Umfangslage bevorzugt übereinstimmende Orientierung.

Die Lösung besteht weiterhin in einem erfindungsgemäßen Verfahren zur Herstellung einer gebauten Nockenwelle, bestehend aus einer Rohrwelle und einer Mehrzahl von mit je einer Durchgangsöffnung versehenen Nocken,

- die auf die Rohrwelle aufgeschoben und in Abständen zueinander auf dieser festgelegt sind,
- bei dem die Rohrwelle zwischen den festsitzenden Nocken örtlich erwärmt und mit seitlichen Eindellungen versehen wird.


Vorzugsweise ist vorgesehen, daß die Warmverformung am nichteingespannten Rohrkörper erfolgt, wobei an den Eindellungen diese säumende Aufwendungen ausgebildet werden, die den Außendurchmesser der Rohrwelle über den Querschnitt der Durchgangsöffnungen der Nocken hinaus vergrößern. Das bevorzugte Fügeverfahren liegt hierbei darin, daß die Rohrwelle im Bereich der Nocken – insbesondere vor der Herstellung der Eindellungen – unter Querschnittsvergrößerung im Bereich der Nocken radial nach außen kaltverformt wird.

Hiermit wird zunächst die gebaute Nockenwelle in einer der bekannten Weisen aufgebaut, wobei außer den hier genannten Nocken eventuell auch Zahnräder und andere Konstruktionselemente aufgeschoben und auf der Rohrwelle festgelegt werden können und erst anschließend werden die Umformschritte zur Ausbildung der Eindellungen durchgeführt. Infolge der freien, nicht abgestützten Umformung können radiale Aufwerfungen an der Rohrwelle entstehen, ohne daß dadurch die freie Wahl der gewünschten Fügetechnik für die Nocken eingeschränkt wird. Die Eindellungen können auch zu anderen Zwecken als den hier vorrangig genannten dienen.


Wie grundsätzlich bekannt, können die Querschnittserweiterungen - insbesondere sequentiell - durch Aufgabe von hydraulischen Innendruck auf den Rohrkörper verformt werden, um Preßsitze mit den Nocken zu bilden. Die zwischen den Nocken liegenden Längsabschnitte werden ebenfalls bevorzugt sequentiell durch im wesentlichen radial zur Rohrachse gerichtete örtliche mechanische Krafteinleitung am erwärmten Rohrkörper verformt, um die Eindellungen auszubilden.

Wie bereits oben angedeutet, kann nach einer Alternative die Warmverformung an in eine Matrize eingespannten Rohrkörper erfolgen, wodurch die Umgebungsbereiche

der Eindellungen so in der Matrize eingespannt sind, daß sie den ursprünglichen Außendurchmesser der Rohrwelle nicht wesentlich überschreiten können. Hierbei kann zur Vereinfachung der Matrize die Rohrwelle vor dem Aufschieben der Nocken verformt werden und erst, nachdem die Eindellungen ausgebildet sind, die Nocken auf die Rohrwelle aufgeschoben und auf dieser festgelegt werden.



Die erfindungsgemäße örtliche Warmumformung kann am Rohrkörper bei Erkalten des Materials zu Zugspannungen führen, die an jeder der warmumformten Eindellungen zu einer Biegestelle des Rohrkörpers führen. Um ein dadurch an sich erforderliches Richten der fertigen Nockenwelle zu vermeiden, wird vorgeschlagen, daß während der örtlichen Krafteinleitung ein Biegemoment um eine senkrecht zur Kraft- richtung liegende Achse in den Rohrkörper eingeleitet wird, um eine Biegung der Rohrwelle zu erzeugen, deren Biegungsmittelpunkt auf der Gegenseite zur örtlichen mechanischen Krafteinleitung liegt. Insbesondere wird vorgeschlagen, daß die Bemessung der Biegung des erwärmten Rohrkörpers so ausgewählt wird, daß die Längsachse der Rohrwelle nach Erkalten des Rohrkörpers wieder fluchtet. Es wird also während der Warmverformung an der Umformstelle zugleich eine Biegung der Rohrwelle entgegen der beim Erkalten zu erwartenden Schrumpfung und Zugspannung vorgenommen, d. h. der spätere Biegeeffekt beim Erkalten wird beim Warmverformen bereits durch Aufprägen einer Gegenbiegung antizipiert.



Zur örtlichen Erwärmung stehen grundsätzlich verschiedene bekannte Verfahren zur Verfügung, die eine relativ begrenzte örtliche Erwärmung zulassen. An dieser Stellung wird nach einer ersten bevorzugten Ausführung vorgeschlagen, daß die Rohrwelle zwischen den Nocken jeweils örtlich begrenzt durch Stromfluß über die Rohrwelle im Wege einer elektrischen Widerstandsheizung erwärmt wird. Hierbei ist nach einer ersten Möglichkeit vorgesehen, daß ein Stromfluß in der Rohrwelle jeweils örtlich begrenzt zwischen zumindest zwei sich radial gegenüberliegend an der Rohrwelle angelegten Elektroden im wesentlichen quer zur Rohrachse erfolgt, wobei die eine der Elektroden zur örtlichen mechanischen Krafteinleitung dient. Hierbei wird also ein Umformwerkzeug zugleich als Elektrode eingesetzt. Nach einer anderen Ausführung wird vorgesehen, daß ein Stromfluß in der Rohrwelle jeweils örtlich begrenzt zwischen zwei mit axialem Abstand voneinander an der Rohrwelle angelegten Elektroden im wesentlichen längs der Rohrachse erfolgt, wobei die Elektroden insbesondere

von der Krafteinleitung freigehalten werden. Dies ist vorteilhaft für die Haltbarkeit der Elektroden, da die Stromdichte aufgrund größerer Oberflächen geringer ist. Im übrigen läßt sich hierbei der Bereich der Erwärmung axial enger begrenzen.

In Ergänzung hierzu kann es vorteilhaft sein, daß bei der Erwärmung der für die Eindellungen vorgesehenen Längsabschnitte die die Nocken tragenden Längsabschnitte durch Kühlung auf einer Temperatur gehalten werden, die Gefüge- oder Spannungsveränderungen im Material der Rohrwelle in diesen letzteren Längsabschnitten sicher ausschließt. Dies ist vorgesehen, um Festigkeitsverluste der unter Vorspannung stehenden Querschnittserweiterungen im Bereich der Nocken zu vermeiden. Es wird weiter vorgeschlagen, daß alle für die Ausbildung der Eindellungen bestimmten Längsabschnitte in einer einzigen Aufspannung der Nockenwelle verformt werden, wobei entweder eine Anzahl von Umformstempeln zur Verfügung steht, die der Anzahl der herzustellenden Eindellungen entspricht oder in der genannten Aufspannung die Nockenwelle relativ zu einem einzigen Umformwerkzeug axial verfahren wird oder umgekehrt das einzige Umformwerkzeug längs der aufgespannten Nockenwelle verfahren wird.

Eine erfindungsgemäße Vorrichtung zum Herstellen von seitlichen Eindellungen an einer gebauten Nockenwelle, bestehend aus einer Rohrwelle und einer Mehrzahl von mit je einer Durchgangsöffnung versehenen Nocken, die auf die Rohrwelle aufgeschoben und mit Abständen zueinander auf dieser festgelegt sind, umfaßt im einzelnen eine Spannvorrichtung für die Nockenwelle, zumindest eine Heizvorrichtung, die eine örtliche Erwärmung von einzelnen zweiten Längsabschnitten zwischen den Nocken ermöglicht, und zumindest einen Umformstempel zur radialen örtlichen mechanischen Krafteinleitung in den erwärmten Rohrkörper für eine Warmumformung zwischen den Nocken. Insbesondere ist vorgesehen, daß die Spannvorrichtung mehrere untere Stützlagerschalen und mehrere obere Stützlagerschalen umfaßt und eine Axialfixiervorrichtung und eine Drehwinkelfixiervorrichtung aufweist. Vorzugsweise ist vorgesehen, daß der zumindest eine Umformstempel zur Rohrwelle hin einen etwa halbzyklrischen Querschnitt mit die Längsachse senkrecht kreuzender Achse hat. Die Vorrichtung kann sich weiter dadurch auszeichnen, daß die Heizvorrichtung eine Widerstandsheizvorrichtung ist, bei der Elektroden am Rohrkörper angelegt sind und ein Stromfluß über die Rohrwelle erfolgt. Hierbei ist es entweder möglich, daß eine



erste Elektrode vom zumindest einen Umformstempel und mehrere zweite Elektroden von den unteren Stützlagerschalen gebildet werden oder daß jeweils eine erste Elektrode axial auf einer Seite des zumindest einen Umformstempels und jeweils eine zweite Elektrode axial auf der anderen Seite des zumindest einen Umformstempels angeordnet ist, wobei die Elektroden insbesondere Ringelektroden sein können. Zur Vermeidung der oben erläuterten Biegeeffekte kann vorgesehen sein, daß die unteren Stützlagerschalen in einem Längsschnitt durch die Mittellinie der Spannvorrichtung, definiert durch die Mitten der Stützlagerschalen, und die Vorschubachse des zumindest einen Umformstempels eine zum Umformstempel hin weisende Außenkrümmung aufweisen. Bevorzugt sind untere Stützlagerschalen und obere Stützlagerschalen jeweils abwechselnd mit axialem Abstand zueinander entlang der Längsachse der Spannvorrichtung angeordnet, wobei weiter vorgesehen ist, daß die unteren Stützlagerschalen relativ zu zwei benachbarten oberen Stützlagern einzeln in Richtung zum Umformstempel zur Längsachse der Spannvorrichtung hin verschiebbar sind. Alternativ hierzu ist es möglich, daß die Längsachse der Spannvorrichtung eine Biegelinie bildet, die mit der Vorschubachse des Umformstempels eine Ebene aufspannt und deren Außenbiegung zum Umformstempel hin weist, d. h. deren Biegemittelpunkt entgegengesetzt zum Umformstempel – bezogen auf die Biegelinie – angeordnet ist.

Ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Nockenwelle sowie verschiedene erfindungsgemäße Vorrichtungen werden nachstehend anhand der Zeichnungen erläutert.

Figur 1 zeigt eine erfindungsgemäße Nockenwelle

- a) im Längsschnitt
- b) in axialer Ansicht
- c) im Querschnitt;

Figur 2 zeigt eine erfindungsgemäße Vorrichtung mit eingespannter Nockenwelle in einer ersten Ausführung

- a) im Längsschnitt

b) im Querschnitt durch den Umformstempel und ein oberes Stützlager;

Figur 3 zeigt eine erfindungsgemäße Vorrichtung mit eingespannter Nockenwelle in einer zweiten Ausführung

a) im Längsschnitt

b) im Querschnitt durch den Umformstempel und ein oberes Stützlager;

Figur 4 zeigt eine erfindungsgemäße Vorrichtung mit eingespannter Nockenwelle in einer dritten Ausführung

a) im Längsschnitt

b) im Querschnitt durch ein unteres Stützlager;

Figur 5 zeigt ein Segment einer erfindungsgemäßen Vorrichtung in einer weiteren Ausführung

a) im Längsschnitt durch den Umformstempel

b) im Querschnitt durch eine Elektrode

c) im Querschnitt durch ein unteres Stützlager.

Die verschiedenen Darstellungen der Figur 1 werden nachstehend gemeinsam beschrieben. Es ist eine erfindungsgemäße gebaute Nockenwelle 11 zu erkennen, die im wesentlichen aus einer Rohrwelle 12 und darauf aufgeschobenen Paaren von Nocken 14 besteht. Diese sind jeweils paarweise in verschiedenen Winkellagen auf der Rohrwelle 12 festgelegt. Hierzu ist die Rohrwelle 12 in jeweils den Nocken 14 zugeordneten ersten Längsabschnitten 13 jeweils durch Kaltverformung radial aufgeweitet, so daß die Nocken 14 auf axial begrenzten Querschnittserweiterungen der Rohrwelle 12 im Preßsitz festsitzen, die im vorliegenden Zeichnungsmaßstab nicht erkennbar sind. Am ersten Ende ist in die Rohrwelle 12 ein Stopfen 16 mit einem Bund 17 eingesetzt, in dem eine Kerbe 18 ausgeführt ist, die unter anderem einer winkelgenaueren Fixierung eines Antriebsritzels dienen kann. Auf den Stopfen 16 kann ein solches Antriebsritzel zum Antrieb der Nockenwelle 11 aufgesetzt werden. Am zweiten Ende ist auf die Rohrwelle 12 eine Hülse 19 aufgeschoben und zusätzlich ein Stopfen 20 eingesteckt, wobei die Hülse 19 als Lager dienen kann. Jeweils

zwischen zwei Paaren von Nocken 14 sowie zwischen den axial äußeren Nocken und den Stopfen 15, 19 sind an der Rohrwelle 12 jeweils zweite Längsabschnitte 21 der Nockenwelle 11 markiert, in denen Eindellungen 22 ausgebildet sind. Diese Eindellungen 22 entsprechen etwa halbzyklindrischen Durchdringungen, deren Achsen die Längsachse 23 der Nockenwelle 11 senkrecht kreuzen. Im Gegensatz zu den Nocken 14 haben die Eindellungen 22 übereinstimmende Orientierung bezüglich der Umfangslage, wobei die jeweiligen nicht dargestellten Achsen der halbzyklindrischen Durchdringungen senkrecht zur Zeichnungsebene liegen. Alle Übergänge an den Eindellungen 22 weisen sowohl im Längsschnitt Rundungen 24, 25 als auch im Querschnitt Rundungen 26, 27 auf, sind also nicht scharfkantig. Die Rundungen 24, 25 liegen in ausreichendem Abstand von den nächsten Nocken 14. Die Eindellungen 22 ermöglichen es, Schrauben und Schraubwerkzeuge mit senkrecht zur Zeichnungsebene liegende Achse in sehr großen Nähe an die Längsachse 23 der Nockenwelle 11 heranzubringen. Dies ist zu Montage eines Zylinderkopfes bei bereits im Zylinderkopf montierter Nockenwelle in bestimmten Motorentypen erforderlich. An dem linken Paar Nocken 14 sind innenliegende Bunde 29, 30 erkennbar, die zur Axiallagerung der Nockenwelle 11 im Zylinderkopf und zur Axialfixierung bei der Herstellung der Eindellungen dienen.

Die Figuren 2 bis 4 werden in ihren übereinstimmenden Einzelheiten zunächst mit allen Darstellungen gemeinsam beschrieben. Die unterschiedlichen Einzelheiten werden daran anschließend erläutert. Es ist jeweils eine Spannvorrichtung 31 erkennbar, in der eine Nockenwelle 11 eingespannt ist. Die Vorrichtung umfaßt einen Tisch oder Schlitten 32, der eine Mehrzahl von fünf axial zueinander feststehenden unteren Stützlagern 33 und eine Mehrzahl von sechs axial zueinander feststehenden oberen Stützlagern 34 umfaßt. Die unteren Stützlager und die oberen Stützlager sind jeweils axial gegeneinander versetzt, also im wesentlichen symmetrisch zueinander auf Lücke gesetzt. Die unteren Stützlager 33 unterstützen jeweils die zweiten Längsabschnitte, denen die Eindellungen 22 angebracht werden sollen. Die oberen Stützlager 34 spannen jeweils die Nockenwelle 11 zwischen zwei Nocken 14 eines Paares sowie an den Enden der Rohrwelle 12. Die oberen Stützlager sind jeweils wegschwenkbar, wie im Querschnitt der Figuren 2 und 3 zu erkennen ist, wobei das wegschwenkbare Stützlager einen in einem ersten Bock 35 gelagerten Schwenkzapfen 36 und eine in einem zweiten Bock 37 gelagerte Verschraubung 38 aufweist.


Unter dem fünften oberen Stützlager 34<sub>5</sub> (von links) befindet sich zusätzlich ein Fixierbock 39, auf dem die Nockenwelle 11 mittels der Bunde 29, 30 axial genau positioniert werden kann. Nicht erkennbar sind Fixiermittel, die mit zumindest einem Nocken zusammenwirken und die die Winkellage der Nockenwelle genau positioniert festlegen. Über dem letzten unteren Stützlager 33<sub>5</sub> (von links) ist ein Umformstempel 41 gezeigt, der in den Figuren 2 und 3 in der Darstellung a in nach unten vorgeschobener Position und in der Darstellung b in einer nach oben zurückgezogenen Situation gezeigt ist. In Figur 4 ist eines der unteren Stützlager 33 im Querschnitt gezeigt. In den hier erläuterten Ausführungen bildet der Umformstempel 41 die obere Elektrode und die unteren Stützlager 33 die zweiten Elektroden, deren halbschalenförmige Oberflächen insgesamt größer sind als die mit der Rohrwelle 12 in Kontakt kommende Oberfläche des Umformstempels 41. Damit ist die Stromdichte am Umformstempel sehr viel höher an den unteren Stützlagern. Der Stromfluß erfolgt quer zur Rohrachse zum unteren Stützlager 33<sub>5</sub>, aber auch längs der Rohrachse zu den weiteren Stützlagern 33<sub>1</sub> - bis 33<sub>4</sub>.

Die hier gezeigten Vorrichtungen können bei feststehendem Schlitten 32 über einen einzelnen längs der Nockenwelle verfahrbaren Umformstempel 41 verfügen, der die einzelnen Umformschritte nacheinander vornimmt. Alternativ kann bei diesen Vorrichtungen bei feststehendem Umformstempel 41 der Schlitten 32 längs der Rohrachse für die einzelnen Umformschritte verfahren werden.


In den Figuren 2 und 3 sind die Stützlager 33, 34 alle auf die Längsachse 23 der Nockenwelle 11 ausgerichtet. In der Ausführung nach Figur 2 sind hierbei sämtliche unteren Stützlager 39 gegenüber dem Schlitten 32 fixiert. Beim Erkalten der Rohrwelle kann es zu einem Schrumpfen der warmumgeformten Eindellungen kommen, so daß das Rohr tendenziell an jeder Eindellung eine Biegung um die Eindellung herum in der Ebene der Zeichnung erfährt, deren Biegungsmittelpunkt über der Rohrwelle liegt.

In der Ausführung nach Figur 3 sind die unteren Stützlager 33 im Längsschnitt mit einer dem Umformstempel 41 entgegengesetzten Außenkrümmung 28 versehen und wie durch einzelne Pfeile 42 angedeutet, einzeln während des Umformens radial zur Rohrachse entgegengesetzt zum Umformstempel 41 hin geringfügig verfahrbar, oh-

ne daß dies zeichnerisch weiter ausgeführt wäre. Hierdurch kann während der Warmumformung der Rohrwelle an jeder Eindellung eine Biegung in der Zeichnungsebene entgegengesetzt zum Kraftangriff des Umformstempels aufgezwungen werden, deren Biegungsmittelpunkt unter der Rohrwelle liegt. Hiermit wird erreicht, daß beim anschließenden Erkalten und Schrumpfen der warmumgeformten Eindellungen sich das Rohr wieder selbsttätig richtet und anschließend die Rohrachse wieder fluchtet.



In der Ausführung der Figur 4 ist der Umformstempel nicht dargestellt, ist jedoch in genau gleicher Weise wie in Figuren 2 und 3 ausgeführt und funktionierend anzunehmen. In dieser Ausführungen sind die Mitten der oberen Stützlager und unteren Stützlage nicht fluchtend zueinander und zur Längsachse der Nockenwelle, sondern liegen insgesamt mit ihren Mitten 43 auf einer gekrümmten Mittellinie 42, die einen in der Bildebene liegenden nach oben weisenden Kreisbogen bildet. Der Effekt ist auch hier, daß bei der Warmumformung der Rohrwelle jeweils an der Umformstelle eine Biegung aufgeprägt wird, die in der Zeichnungsebene liegt und entgegen dem Kraftangriff des Umformstempels orientiert ist, wobei der Biegungsmittelpunkt unter der Rohrwelle liegt, so daß beim anschließenden Erkalten der warmumgeformten Eindellung die Rohrachse durch die Schrumpfung im Bereich der Eindellung wieder selbsttätig gerichtet wird.



In Figur 5 ist nur ein Teil einer Vorrichtung nach den vorgenannten Figuren im Bereich des Umformstempels in einer abgewandelten Ausführung dargestellt. Hierbei sind der Umformstempel 41' und das zugeordnete untere Stützlager 33' aus nicht leitendem Werkstoff, während jeweils axial zu beiden Seiten der beiden vorgenannten Teile teilbare Ringelektroden 44, 45 vorgesehen sind, die gegeneinander isoliert, jedoch zum einem mit dem positiven Pol einer Spannungswelle und zum anderen mit dem negativen Pol einer Spannungswelle verbunden werden können. Hierdurch findet ein Stromfluß in Richtung der Rohrwelle statt, der sich axial eng auf einen Bereich zwischen zwei Nocken begrenzen läßt. Dabei ist der Umformstempel 41' nicht als Elektrode geschaltet, was sich auf seine Haltbarkeit vorteilhaft auswirkt. Auch wenn dies zeichnerisch hier nicht plausibel ist, kann auch in dieser Ausgestaltung das untere Stützlager 33' entgegen dem Umformstempel 41' radial zur Rohrachse beweglich ausgestaltet sein.

---

Gebaute Nockenwelle mit Eindellungen

---

Bezugszeichenliste

11	Nockenwelle
12	Rohrwelle
13	erster Längsabschnitt
14	Nocken
15	Durchgangsöffnung
16	Stopfen
17	Flansch
18	Kerbe
19	Hülse
20	Stopfen
21	zweiter Längsabschnitt
22	Eindellung
23	Längsachse
24	Rundung
25	Rundung
26	Rundung
27	Rundung
28	Außenkrümmung
29	Bund
30	Bund

31	Vorrichtung
32	Schlitten
33	unteres Stützlager
34	oberes Stützlager
35	Bock
36	Zapfen
37	Bock
38	Verspannung
39	Bock
40	Fixieraufnahme
41	Umformstempel
42	Mittellinie
43	Mitte Stützlager
44	Ringelektrode
45	Ringelektrode

---

Gebaute Nockenwelle mit Eindellungen

---

Patentansprüche

1. Gebaute Nockenwelle (11), bestehend aus einer Rohrwelle (12) und einer Mehrzahl von mit je einer Durchgangsöffnung versehenen Nocken (14), die auf die Rohrwelle (12) aufgeschoben und mit Abständen zueinander auf dieser festgelegt sind, wobei die Rohrwelle (12) zwischen den Nocken (14) nach innen warmverformte seitliche Eindellungen (22) aufweist.
2. Nockenwelle nach Anspruch 1,  
  
dadurch gekennzeichnet,  
  
daß an den Eindellungen (22) diese säumende Aufwerfungen ausgebildet sind, die den Außendurchmesser der Rohrwelle (12) über den Querschnitt der Durchgangsöffnungen (15) der Nocken (14) hinaus vergrößern.
3. Nockenwelle nach einem der Ansprüche 1 oder 2,  
  
dadurch gekennzeichnet,  
  
daß die Rohrwelle (12) jeweils im Bereich der Nocken (14) kaltverformte umfängliche Querschnittsvergrößerungen zur Festlegung der Nocken (14) hat.
4. Nockenwelle nach einem der Ansprüche 1 bis 3,



dadurch gekennzeichnet,

daß die Querschnittserweiterungen mit glatten zylindrischen Durchgangsöffnungen (15) der Nocken (14) zusammenwirken, konzentrisch zur Rohrwelle (12) sind und Preßsitze mit den Nocken (14) bilden.

5. Nockenwelle nach Anspruch 4,

dadurch gekennzeichnet,

daß die Querschnittserweiterungen jeweils zumindest über die axiale Länge einer Nocke (14) reichen.

6. Nockenwelle nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

daß die Umgebungsbereiche der Eindellungen (22) den ursprünglichen Außendurchmesser der Rohrwelle (12) nicht wesentlich überschreiten.

7. Nockenwelle nach Anspruch 6,

dadurch gekennzeichnet,

daß die Rohrwelle (12) jeweils im Bereich der Nocken (14) den Querschnitt vergrößernde Oberflächenaufwerfungen zur Festlegung der Nocken (14) hat.

8. Nockenwelle nach einem der Ansprüche 1 bis 7,

dadurch gekennzeichnet,

daß die seitlichen Eindellungen (22) oder Einbuchtungen quer zum Verlauf der Rohrwelle (12) verlaufen.

9. Nockenwelle nach einem der Ansprüche 1 bis 8,

dadurch gekennzeichnet,

daß die Eindellungen (22) etwa halbzylindrischen Durchdringungen des Rohrkörpers entsprechen.

10. Nockenwelle nach einem der Ansprüche 1 bis 9,

dadurch gekennzeichnet,

daß die Eindellungen (22) an der Rohrrinnenseite etwa bis zur Längsachse (23) reichen.

11. Nockenwelle nach einem der Ansprüche 1 bis 10,

dadurch gekennzeichnet,

daß die Eindellungen (22) bezüglich ihrer Umfangslage übereinstimmende Orientierung haben.

12. Verfahren zur Herstellung einer gebauten Nockenwelle (11), bestehend aus einer Rohrwelle (12) und einer Mehrzahl von mit je einer Durchgangsöffnung (15) versehenen Nocken (14), die auf die Rohrwelle (12) aufgeschoben und in Abständen zueinander auf dieser festgelegt sind, bei dem die Rohrwelle (12) zwischen den Nocken (14) örtlich erwärmt und mit seitlichen Eindellungen (22) versehen wird.

13. Verfahren nach Anspruch 12,

dadurch gekennzeichnet,

daß die Warmverformung am nichteingespannten Rohrkörper erfolgt, wobei an den Eindellungen (22) diese säumende Aufwerfungen ausgebildet werden, die

den Außendurchmesser der Rohrwelle (12) über den Querschnitt der Durchgangsöffnungen (15) der Nocken (14) hinaus vergrößern.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 oder 13,

dadurch gekennzeichnet,

daß die Rohrwelle (12) bei aufgeschobenen Nocken (14) vor der Herstellung der Eindellungen (22) unter Bildung von Querschnittserweiterungen im Bereich der Nocken (14) radial nach außen kaltverformt wird.

-  15. Verfahren nach Anspruch 14,

dadurch gekennzeichnet,

daß die Querschnittserweiterungen, insbesondere sequentiell, durch Aufgabe von hydraulischem Innendruck auf die Rohrwelle (12) gebildet werden, um Preßsitze mit den Nocken (14) zu bilden.

16. Verfahren nach Anspruch 12,

 dadurch gekennzeichnet,

daß die Warmverformung an in eine Matrize eingespannten Rohrkörper erfolgt, wobei die Umgebungsbereiche der Eindellungen (22) so in der Matrize eingespannt sind, daß sie den ursprünglichen Außendurchmesser der Rohrwelle (12) nicht wesentlich überschreiben können.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 oder 16,

dadurch gekennzeichnet,

daß die Nocken (14) nach dem Herstellen der Eindellungen (22) an der Rohrwelle (12) auf diese aufgeschoben und auf dieser festgelegt werden.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 17,

dadurch gekennzeichnet,

daß die Eindellungen (22), insbesondere sequentiell, durch im wesentlichen radial zur Längsachse (23) gerichtete örtliche mechanische Krafteinleitung am erwärmten Rohrkörper gebildet werden.

19. Verfahren nach Anspruch 18,

dadurch gekennzeichnet,

daß während der örtlichen Krafteinleitung ein Biegemoment um eine senkrecht zur Krafrichtung liegende Achse in den Rohrkörper eingeleitet wird, um eine Biegung der Rohrwelle (12) zu erzeugen, deren Biegunismittelpunkt auf der Gegenseite zur örtlichen mechanischen Krafteinleitung liegt.

20. Verfahren nach Anspruch 19,

dadurch gekennzeichnet,

daß die Biegung des erwärmten Rohrkörpers so bemessen wird, daß die Längsachse (23) der Rohrwelle (12) nach Erkalten des Rohrkörpers wieder fluchtet.

21. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 20,

dadurch gekennzeichnet,

daß die Rohrwelle (12) vor Erzeugung einer Eindellung (22) jeweils örtlich begrenzt durch Stromfluß über die Rohrwelle (12) im Wege einer elektrischen Widerstandsheizung erwärmt wird.

22. Verfahren nach Anspruch 21,

dadurch gekennzeichnet,

daß ein Stromfluß in der Rohrwelle (12) jeweils örtlich begrenzt zwischen zumindest zwei sich gegenüberliegend an der Rohrwelle (12) angelegten Elektroden im wesentlichen quer zur Längsachse erfolgt, wobei eine der Elektroden zur mechanischen Krafteinleitung dient.

23. Verfahren nach Anspruch 21,

dadurch gekennzeichnet,

daß ein Stromfluß in der Rohrwelle (12) jeweils örtlich begrenzt zwischen zwei mit axialem Abstand voneinander an der Rohrwelle (12) angelegten Elektroden im wesentlichen längs der Längsachse erfolgt, wobei die Elektroden bevorzugt von der Krafteinleitung freigehalten werden.

24. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 23,

dadurch gekennzeichnet,

daß bei der Erwärmung der für die Eindellungen (22) vorgesehenen Längsabschnitte (21) die die Nocken (14) tragenden ersten Längsabschnitte (13) durch Kühlung auf einer Temperatur gehalten werden, die Gefüge- oder Spannungsänderungen im Material der Rohrwelle (12) in diesen letzteren Längsabschnitten ausschließt.

25. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 24,

dadurch gekennzeichnet,

daß alle für die Ausbildung der Eindellungen (22) bestimmten Längsabschnitte (21) in einer Aufspannung der Nockenwelle (11) umgeformt werden.

26. Vorrichtung zum Herstellen von seitlichen Eindellungen an einer gebauten Nockenwelle (11) bestehend aus einer Rohrwelle (12) und einer Mehrzahl von mit je einer Durchgangsöffnung (15) versehenen Nocken (14), die auf die Rohrwelle (12) aufgeschoben und mit Abständen zueinander auf dieser festgelegt sind, umfassend
- eine Spannvorrichtung (31) für die Nockenwelle (11),
  - zumindest eine Heizvorrichtung, die eine örtliche Erwärmung von einzelnen Längsabschnitten (21) zwischen den Nocken (14) ermöglicht, und
  - zumindest einen Umformstempel (41) zur radialen örtlichen mechanischen Krafteinleitung in den erwärmten Rohrkörper für eine Warmumformung zwischen den Nocken (14).
27. Vorrichtung nach Anspruch 26,
- dadurch gekennzeichnet,
- daß die Spannvorrichtung mehrere untere Stützlagerschalen (33) und mehrere obere Stützlagerschalen (34) umfaßt und eine Axialfixiervorrichtung und eine Drehwinkelfixiervorrichtung aufweist.
28. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 26 oder 27,
- dadurch gekennzeichnet,
- daß der zumindest eine Umformstempel (41) zur Rohrwelle (12) hin einen etwa halbzylindrischen Querschnitt mit die Längsachse (23) senkrecht kreuzender Achse hat.
29. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 26 bis 28,
- dadurch gekennzeichnet,
- daß die Heizvorrichtung eine Widerstandsheizvorrichtung ist, bei der Elektro-

den am Rohrkörper angelegt sind und ein Stromfluß über die Rohrwelle (12) erfolgt.

30. Vorrichtung nach Anspruch 29,

dadurch gekennzeichnet,

daß eine erste Elektrode vom zumindest einen Umformstempel (41) und zweite Elektroden von den unteren Stützlagerschalen (33) gebildet werden.

31. Vorrichtung nach Anspruch 29,

dadurch gekennzeichnet,

daß jeweils eine erste Elektrode (44) axial auf einer Seite des zumindest einen Umformstempels (41') und eine jeweils zweite Elektrode (45) axial auf der anderen Seite des zumindest einen Umformstempels (41') angeordnet ist.

32. Vorrichtung nach Anspruch 31,

dadurch gekennzeichnet,

daß die Elektroden (44, 45) Ringelektroden sind.

33. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 26 bis 32,

dadurch gekennzeichnet,

daß die unteren Stützlagerschalen (33') in einem Längsschnitt durch die Mittellinie (42) der Spannvorrichtung (31), definiert durch die Mitten (43) der Stützlagerschalen (33, 34), eine zum Umformstempel (41) hin weisende Außenkrümmung (28) aufweisen.

34. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 26 bis 33,

dadurch gekennzeichnet,

daß untere Stützlagerschalen (33) und obere Stützlagerschalen (34) jeweils abwechselnd mit axialem Abstand zueinander angeordnet sind.

35. Vorrichtung nach Anspruch 34,

dadurch gekennzeichnet,

daß die unteren Stützlagerschalen (33') relativ zu zwei benachbarten oberen Stützlagern (34) in Richtung zum Umformstempel (41) einzeln zur Längsachse der Spannvorrichtung (31) hin verschiebbar sind.

36. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 26 bis 34,

dadurch gekennzeichnet,

daß die Mittellinie (42) der Spannvorrichtung (31), definiert durch die Mitten (43) der Stützlagerschalen (33, 34), eine Biegelinie bildet, die mit der Vorschubachse des Umformstempels (41) eine Ebene aufspannt und deren Außenbiegung zum Umformstempel hin weist.



Muhr und Bender KG  
In den Schlachtwiesen 4  
57439 Attendorn

24. Januar 2003  
Ne/sch (20020573)  
Q02576DE00

---

## Gebaute Nockenwelle mit Eindellungen

---

### Zusammenfassung

Gebaute Nockenwelle 11, bestehend aus einer Rohrwelle 12 und einer Mehrzahl von mit je einer Durchgangsöffnung versehenen Nocken 14, die auf die Rohrwelle 12 aufgeschoben und mit Abständen zueinander auf dieser festgelegt sind, wobei die Rohrwelle 12 zwischen den Nocken 14 nach innen warmverformte seitliche Eindellungen 22 aufweist.

Figur 1

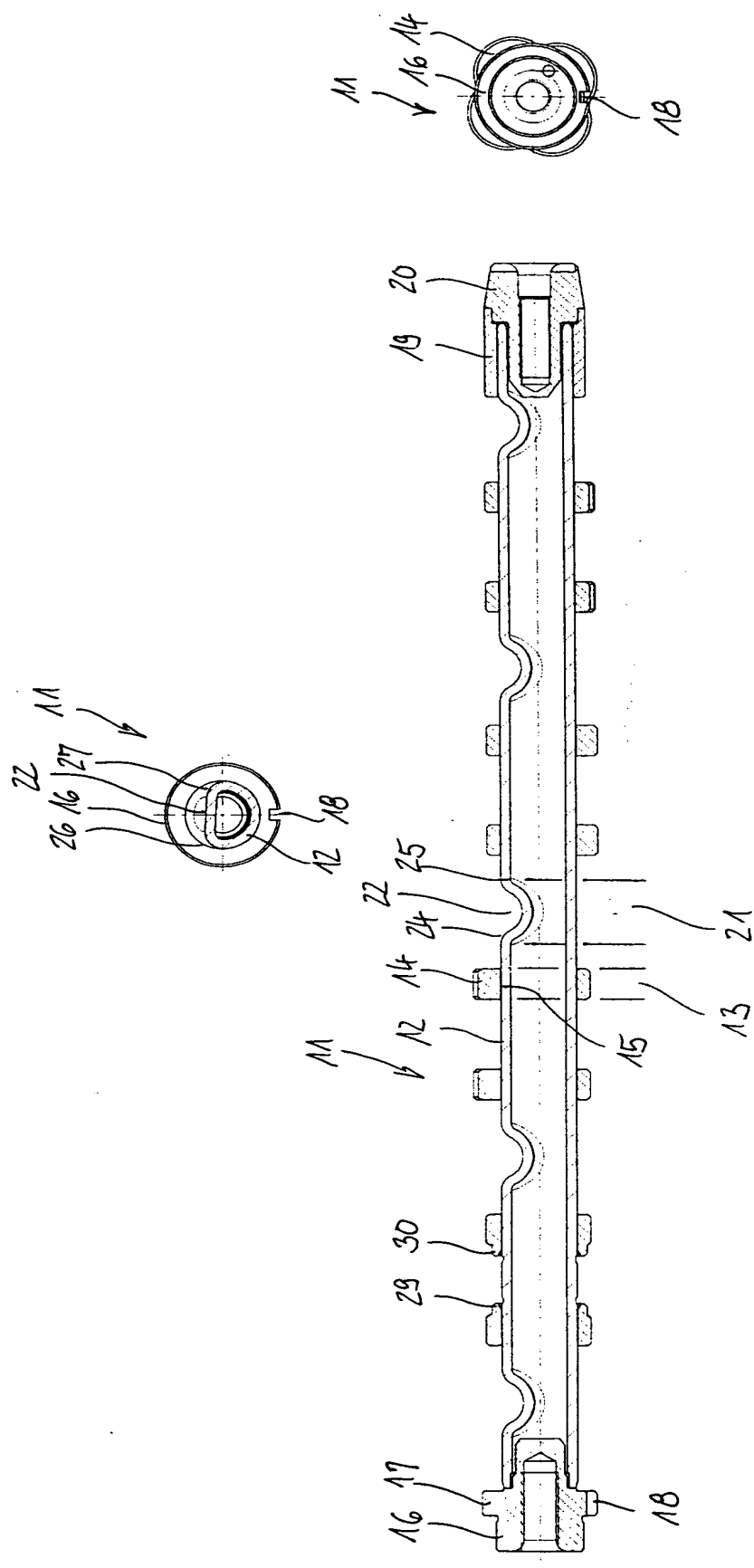


FIG. 1

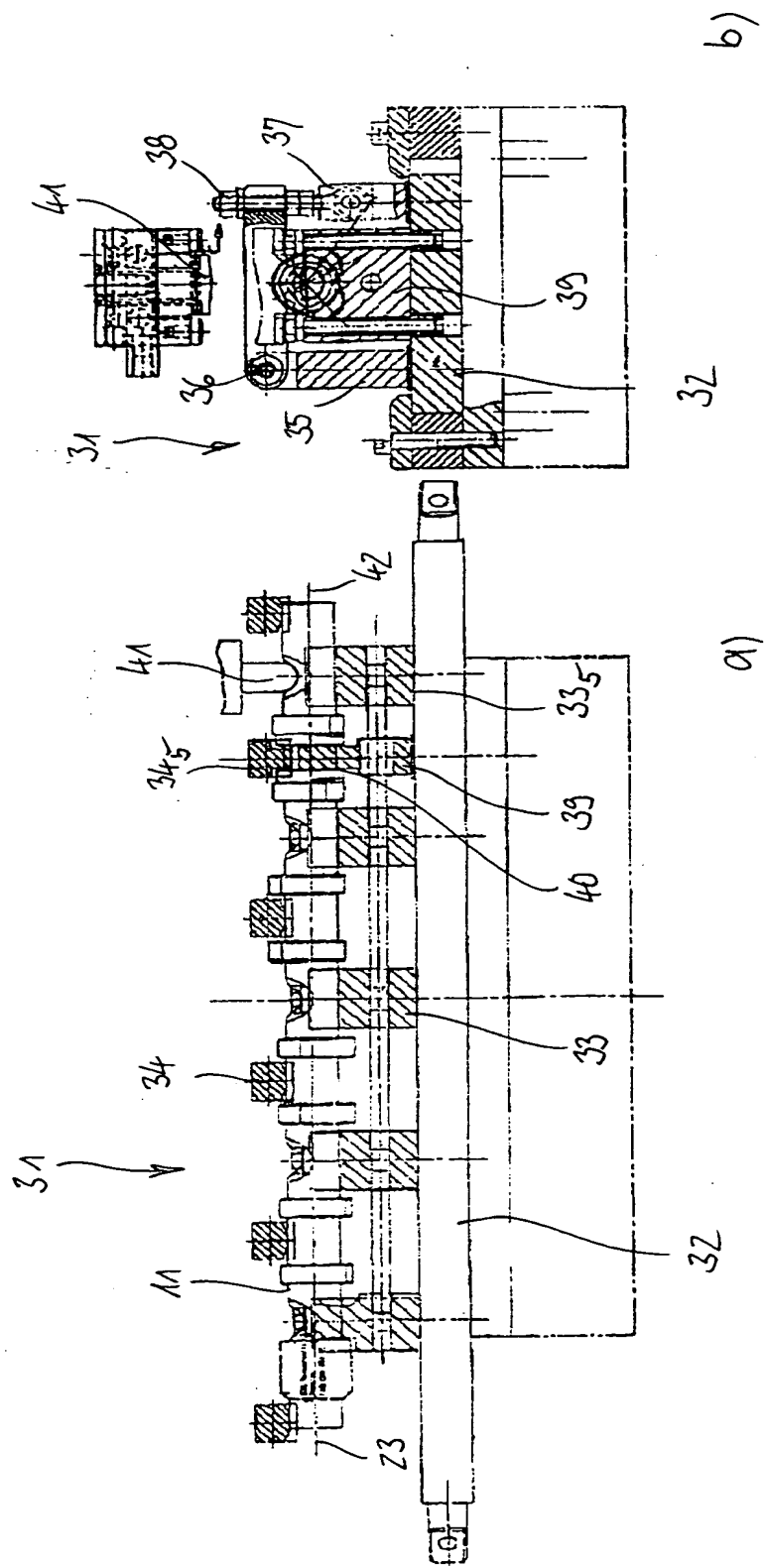
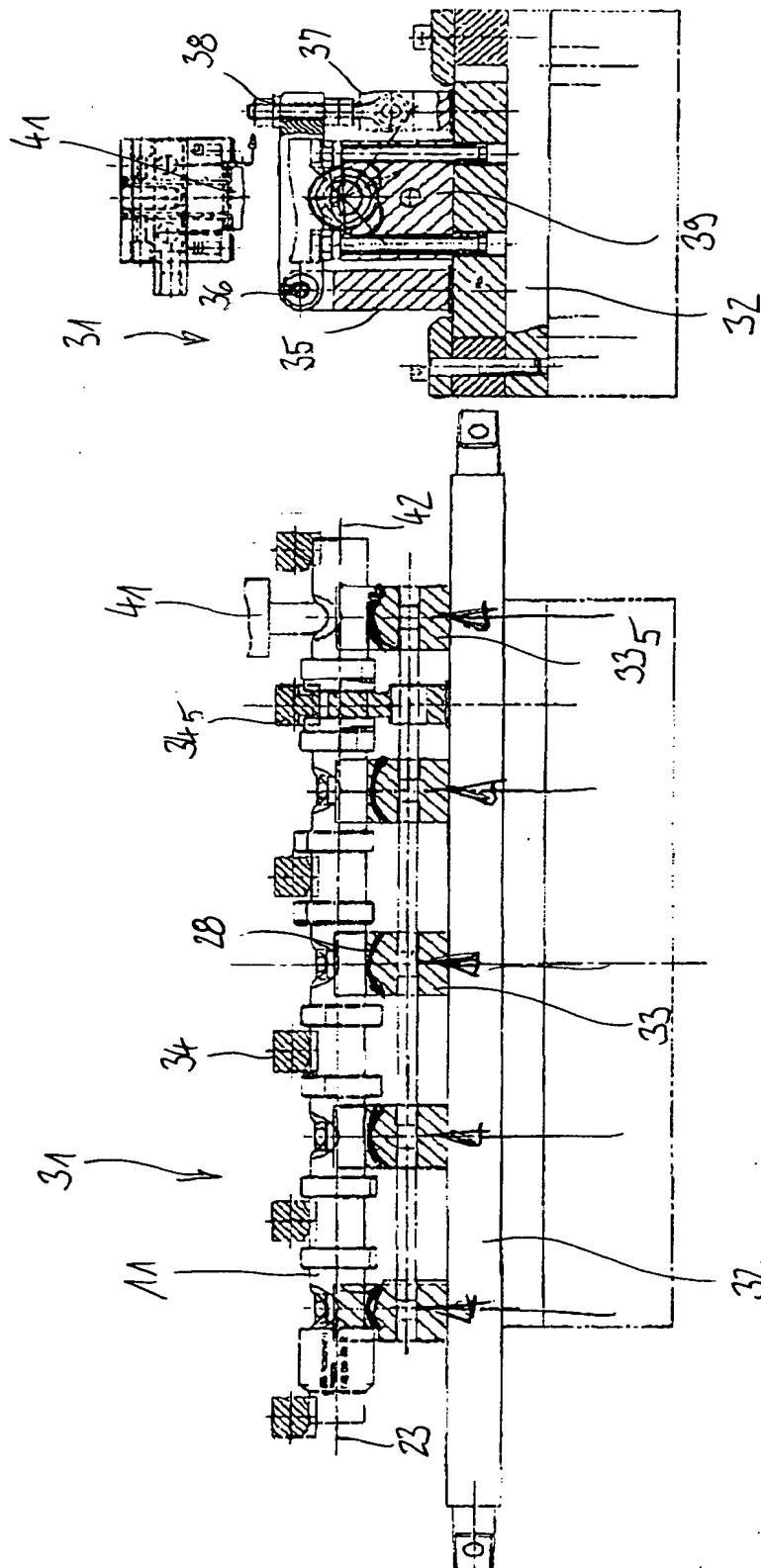


FIG. 2



b)

a)

FIG. 3

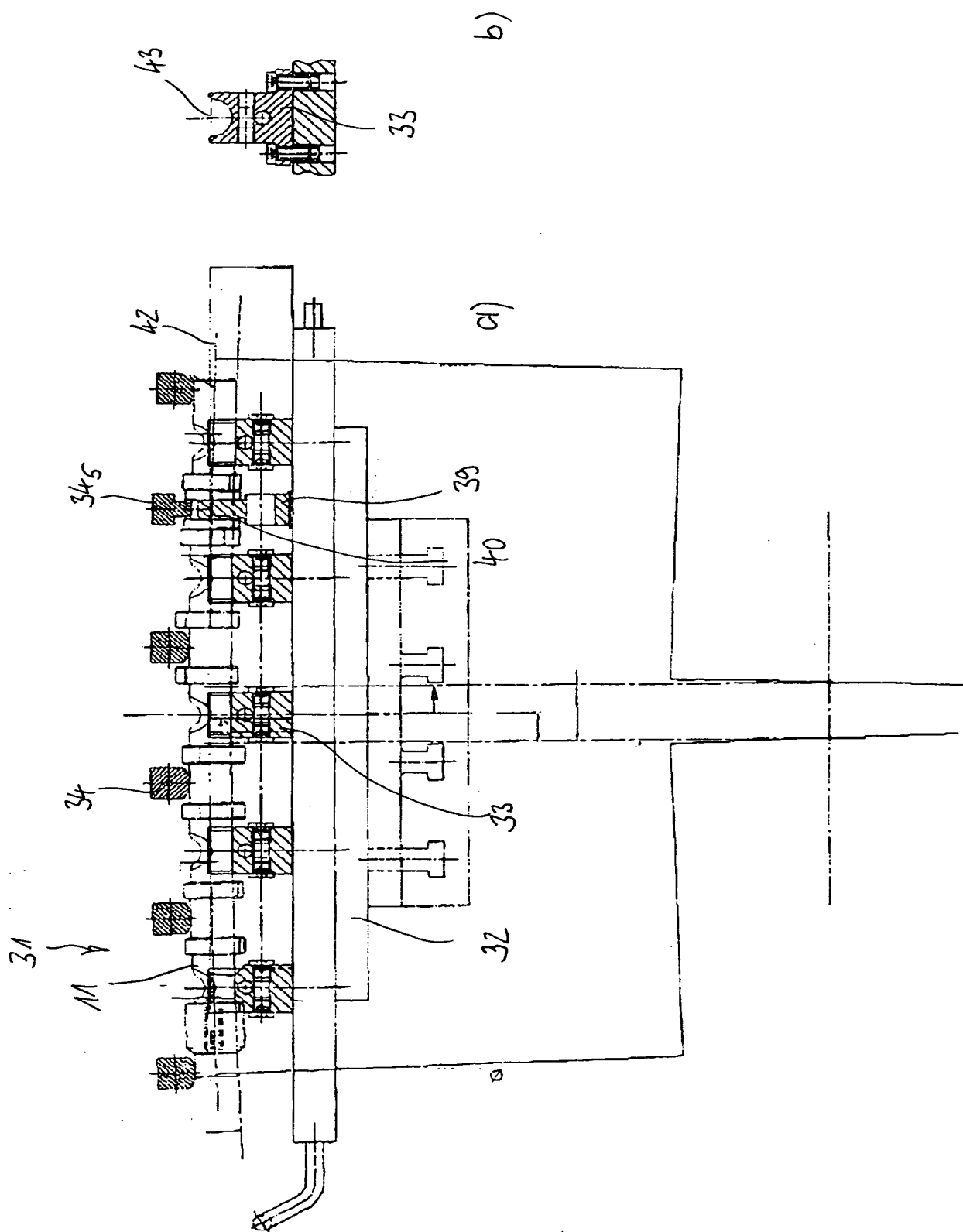


Fig. 4

FIG. 5

